

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-102400

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/52  
H01L 23/40

(21)Application number : 11-264335

(71)Applicant : NIPPON SOKEN INC  
DENSO CORP

(22)Date of filing : 17.09.1999

(72)Inventor : YOSHIDA TAKAHIKO  
SHIOZAWA MASAHIRO  
HASHIKAWA ATSUSHI  
YORINAGA MUNEO  
HIRAI YASUYOSHI  
NOMURA KAZUHITO  
MAKINO TOMOATSU

(30)Priority

Priority number : 11212731  
10317982

Priority date : 27.07.1999  
09.11.1998

Priority country : JP

JP

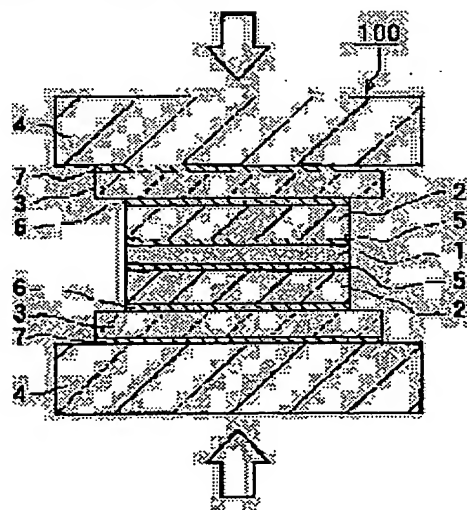
## (54) ELECTRONIC DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce electrical resistance and thermal resistance between the main electrode surface of a semiconductor device and an electrode plate in a press-bonding type semiconductor device used in a state, where the electrode plate is press-bonded to the main electrode surface of the semiconductor device.

**SOLUTION:** A pair of electrode plates 2 are press-bonded to both surfaces as electrode surfaces of a semiconductor device 1, a pair of insulating plates 3 are press-bonded to the outsides of the pair of electrode plates 2, and a pair of heat-radiating plates 4 are press-bonded to the outsides of the pair of insulating plates 3.

A contact intermediate material 5, including a first particulate material 5a having at least thermal conductivity and electrical conductivity and a minimum particle size larger than or equal to 2 . m and a second particulate material 5b having a minimum particle size smaller than or equal to 2 . m, is interposed between the semiconductor device 1 and the electrode plate 2. The gap between the electrode plate 2 and the insulating plate 3 is filled with a contact intermediate material 6 made of metal powder having at least thermal conductivity, and the gap between the insulating plate 3 and the heat-radiating plate 4 is filled with a contact intermediate material 7 made of a metal powder having at least thermal conductivity.



1 半導体素子  
2 電極板  
3 絶縁板  
4 放熱板  
5, 6, 7 接触中間材

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-102400

(P2001-102400A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/52  
23/40

識別記号

F I

H 0 1 L 21/52  
23/40

テ-マコ-ト\* (参考)

J 5 F 0 3 6  
D 5 F 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-264335

(22) 出願日 平成11年9月17日 (1999.9.17)

(31) 優先権主張番号 特願平11-212731

(32) 優先日 平成11年7月27日 (1999.7.27)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-317982

(32) 優先日 平成10年11月9日 (1998.11.9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 吉田 貴彦

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

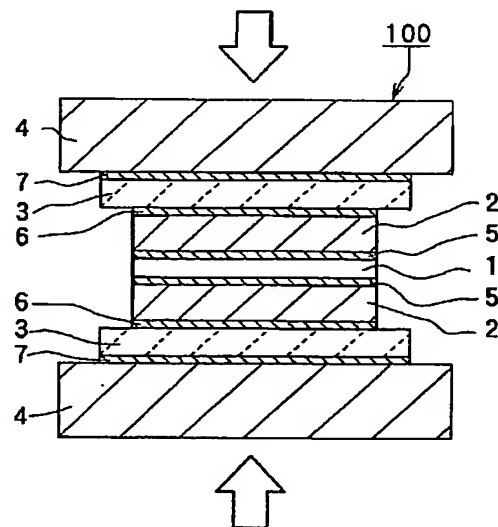
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気機器およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体素子の主電極面を電極板で圧接した状態で使用する圧接型半導体装置において、半導体素子の主電極面と電極板との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減できるようにする。

【解決手段】 半導体素子1の電極面としての両面は一对の電極板2にて圧接され、一对の電極板2の外側は一对の絶縁板3にて圧接され、一对の絶縁板3の外側は一对の放熱板4にて圧接されている。半導体素子1と電極板2の間には、少なくとも熱伝導性及び導電性を有する粒子部材であって、最小粒径が $2\mu\text{m}$ よりも大きい第1の粒子部材5aと、最大粒径が $2\mu\text{m}$ 以下である第2の粒子部材5bとからなる接触中間材5が介在する。また、電極板2と絶縁板3との間、及び絶縁板3と放熱板4との間には、少なくとも熱伝導性を有する粉末金属からなる接触中間材6、7が当該間の隙間を埋めるように充填されている。



1 : 半導体素子  
2 : 電極板  
3 : 絶縁板  
4 : 放熱板  
5, 6, 7 : 接触中間材

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発熱素子 (1) と電極部材 (2) とを、熱伝導性及び導電性を有する接触中間材 (5) を介して接触させて、前記発熱素子 (1) からの電気信号を、前記接触中間材 (5) 及び前記電極部材 (2) を介して取り出すようにした電気機器において、前記接触中間材 (5) は、平均粒径の異なる 2 種類以上の粒子部材 (5 a、5 b) から構成されていることを特徴とする電気機器。

【請求項 2】 前記接触中間材 (5) は、最小粒径が  $2 \mu\text{m}$  よりも大きい第 1 の粒子部材 (5 a) と、最大粒径が  $2 \mu\text{m}$  以下である第 2 の粒子部材 (5 b) とを含むものであることを特徴とする請求項 1 に記載の電気機器。

【請求項 3】 発熱素子 (1) と電極部材 (2) とを、熱伝導性及び導電性を有する接触中間材 (5) を介して接触させて、前記発熱素子 (1) からの電気信号を、前記接触中間材 (5) 及び前記電極部材 (2) を介して取り出すようにした電気機器において、前記接触中間材 (5) は、粒子状の第 1 の粒子部材 (5 a) に、少なくともこの第 1 の粒子部材 (5 a) よりも小さい平均粒径を有し前記第 1 の粒子部材 (5 a) の隙間に存在する粒子状の第 2 の粒子部材 (5 b) を含んでなることを特徴とする電気機器。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 に記載の電気機器を製造する方法であって、前記平均粒径の異なる 2 種類以上の粒子部材 (5 a、5 b) を揮発性の溶剤で混合してなるペーストを、前記発熱素子 (1) 及び前記電極部材 (2) の少なくとも一方に塗布し、前記発熱素子 (1) と前記電極部材 (2) とを接触させた後、前記ペーストを乾燥させ、前記揮発性の溶剤を除去することを特徴とする電気機器の製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 または 2 に記載の電気機器を製造する方法であって、前記平均粒径の異なる 2 種類以上の粒子部材 (5 a、5 b) を混合し、固形部材とした後、該固形部材を前記発熱素子 (1) と前記電極部材 (2) との間に挿入し、続いて、該固形部材を前記発熱素子 (1) 及び前記電極部材 (2) を介して加圧して変形させることにより、前記発熱素子 (1) と前記電極部材 (2) との間に介在させることを特徴とする電気機器の製造方法。

【請求項 6】 発熱素子 (1) と電極部材 (2) とを、熱伝導性及び導電性を有する接触中間材 (5) を介して接触させて、前記発熱素子 (1) からの電気信号を、前記接触中間材 (5) 及び前記電極部材 (2) を介して取り出すようにした電気機器において、前記接触中間材 (5) は、前記発熱素子 (1) 及び前記電極部材 (2) の少なくとも一方に設けられたバンプ (50 a) に、少なくともこのバンプ (50 a) の隙間に存在する前記バンプ (50 a) よりも小さい平均粒径

を有する粒子状の粒子部材 (50 b) を含んでなることを特徴とする電気機器。

【請求項 7】 発熱素子 (1) と電極部材 (2) とを、熱伝導性及び導電性を有する接触中間材 (5) を介して接触させて、前記発熱素子 (1) からの電気信号を、前記接触中間材 (5) 及び前記電極部材 (2) を介して取り出すようにした電気機器において、前記接触中間材 (5) は、前記発熱素子 (1) と前記電極部材 (2) との接触面積を増大すべくその表面を変形させた金属箔 (10) に、少なくともこの金属箔 (10) によって形成される隙間に存在する粉末金属 (11) を含んでなることを特徴とする電気機器。

【請求項 8】 前記接触中間材 (5) は、Au、Ag、Sn、Al、Cu、Pt、Ni、Ti、C、Pb、Cr、Mo、W、半田合金及びこれらの混合物のうちから選択された物質から構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3、6 および 7 のいずれか 1 つに記載の電気機器。

【請求項 9】 半導体素子 (1) と、この半導体素子 (1) の主電極面に圧接された電極板 (2) と、この電極板 (2) における前記主電極面との圧接面とは反対側の面に圧接された絶縁板 (3) と、この絶縁板 (3) における前記電極板 (2) との圧接面とは反対側の面に圧接された放熱板 (4) とを備え、前記半導体素子 (1) と前記電極板 (2) の間には、熱伝導性及び導電性を有する粒子部材であって、最小粒径が  $2 \mu\text{m}$  よりも大きい第 1 の粒子部材 (5 a) と、最大粒径が  $2 \mu\text{m}$  以下である第 2 の粒子部材 (5 b) とからなる接触中間材 (5) が介在されており、前記電極板 (2) と前記絶縁板 (3) との間、及び前記絶縁板 (3) と前記放熱板 (4) との間のうち少なくとも一方の間には、熱伝導性を有する熱伝導部材 (6、7) が当該間の隙間に存在していることを特徴とする圧接型半導体装置。

【請求項 10】 前記接触中間材 (5) は、Au、Ag、Sn、Al、Cu、Pt、Ni、Ti、C、Pb、Cr、Mo、W、半田合金及びこれらの混合物のうちから選択された物質から構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の圧接型半導体装置。

【請求項 11】 発熱素子 (1) を、この発熱素子の熱を緩衝する熱緩衝機能及び前記発熱素子からの電気信号を取り出す電極機能を有する一対の電極部材 (8) により挟持し、これら電極部材の外側を一対の放熱部材 (4) により挟持してなる電気機器において、各々の前記電極部材と前記放熱部材とが対向する部分に、前記電極部材及び前記放熱部材のどちらか一方の表面に一体に成膜された絶縁層 (9) を備えていることを特徴とする電気機器。

【請求項 12】 前記絶縁層 (9) は前記電極部材

(8) の側に成膜されていることを特徴とする請求項 11 に記載の電気機器。

【請求項 13】 前記絶縁層 (9) の厚さは、 $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 12 に記載の電気機器。

【請求項 14】 前記絶縁層 (9) を構成する材料は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{SiC}$ 、およびダイヤモンドライクカーボンの中から選択されたものであることを特徴とする請求項 11 ないし 13 のいずれか 1 つに記載の電気機器。

【請求項 15】 前記発熱素子 (1) と前記一対の電極部材 (8) との間には、請求項 1 ないし 3 及び 6 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の接触中間材 (5) が介在していることを特徴とする請求項 11 ないし 14 のいずれか 1 つに記載の電気機器。

【請求項 16】 各々の前記電極部材 (8) と前記放熱部材 (4) とが対向する部分には、熱伝導性を有する熱伝導部材が介在されていることを特徴とする請求項 11 ないし 15 のいずれか 1 つに記載の電気機器。

【請求項 17】 絶縁性の被覆部材 (20) が、前記発熱素子 (1) と前記電極部材 (2) とが前記接触中間材 (5) を介して接触する領域の周囲を被覆するように、前記発熱素子 (1) 及び前記電極部材 (2) の外周端部に接触して設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 及び 6 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の電気機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発熱素子と電極部材とを接触させて、該発熱素子からの電気信号を該電極部材を介して取り出すようにした電気機器及びその製造方法に関し、特に、発熱素子と電極部材とらの間の接触電気抵抗及び熱抵抗の低減に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の電気機器として、例えば、半導体素子 (発熱素子) の主電極面を電極板 (電極部材) で圧接した状態で使用する圧接型半導体装置がある。これは、通電電流の大きいパワートランジスタであるサイリスタ、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT)、大容量ダイオード等の半導体素子の第 1 の主面をろう付けや半田付けで接着し、第 2 の主面を電極板で圧接したり、あるいは第 1、第 2 の主面を電極板で挟んだ構造として知られている。

【0003】 しかしながら、今日、この種の半導体素子は、定格電流を増大させるため、大容量化が進んでおり、半導体装置の使用効率、耐久性を向上させるために半導体素子と電極板間や、電極板と絶縁板、放熱板 (ヒートシンク) 間の接触電気抵抗や熱抵抗を低減することが必要とされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の様な要求に対して、例えば、特開昭 54-40569 号公報や特開昭 54-95183 号公報に記載の半導体装置が提案されている。前者公報では、半導体素子の主電極面と電極板との間に、接触中間材として粉末金属を混入した油またはグリースを介在させ、加圧保持することで半導体素子の主電極面と電極板との間の電気的・熱的接触抵抗を低減することを行っている。しかし、粉末金属を混入させている油やグリースは絶縁物であるために、電気抵抗を十分に低減するのが困難であり、また、これらの化学合成物質は金属に比べて熱伝導率が劣るため、熱抵抗も十分に低減できているとは言い難い。

【0005】 一方、後者公報では、半導体素子の主電極面と電極板との間に、接触中間材として  $2\mu\text{m}$  以下の粒子径を持つ粉末金属層を介在させて加圧することで、同様に電気的・熱的接触抵抗を低減することを行っている。しかし、本発明者等の検討によれば、 $2\mu\text{m}$  以下の粒子同士によって作られる界面数が非常に多くなるため、個々の界面における抵抗 (特に電気抵抗) は微小であるが、粉末金属層全体では同様の厚さのバルク金属に比べて大きなものとなり、半導体素子の主電極面と電極板間の電気抵抗を十分に低減できているとは言い難い。

【0006】 また、別な手法としては、特開平 8-330338 号公報に記載のものが提案されている。これは半導体素子の主電極面と電極板間の電気的な接触を良好にするために、接触中間材軟金属箔を介在させているが、軟金属箔の表面粗さは非常に小さく鏡面に近いため、半導体素子の主電極面表面や電極板表面の面粗れによるわずかな隙間を十分に埋めることができない。よって、特に接触熱抵抗を低減することが困難である。

【0007】 このような上記各公報における問題点は、圧接型半導体装置のみならず、発熱素子と電極部材とを接触させて、該発熱素子からの電気信号を該電極部材を介して取り出すようにした電気機器 (以下、素子・電極接触型電気機器という) においては、共通の問題と考えられる。

【0008】 本発明は上記問題に鑑み、互いに接触する発熱素子と電極部材とらの間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減できるような素子・電極接触型電気機器及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明者等は、熱伝導性及び導電性を有する粒子からなる接触中間材を、発熱素子と電極部材との間に介在させるにあたって、電気抵抗は、電気抵抗の大きくなる粒子間の界面が少ない程低減でき、一方、熱抵抗は、発熱素子と電極部材との間に存在する隙間をできるだけ埋めるように粒子を配置させることで低減できるという点に着目し、以下の発明を創作した。

【0010】 即ち、請求項 1 記載の発明においては、接

触中間材(5)を、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)から構成したことを特徴としている。本発明では、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)から構成しているから、大きい平均粒径の粒子部材(5a)によって、粒子間の界面を少なくでき電気抵抗を低減できるとともに、小さい平均粒径の粒子部材(5b)が、大きい平均粒径の粒子部材(5a)によって形成される隙間を埋めるように配置されるため、見掛けの接触面積を増加でき、熱抵抗を低減できる。従って、互いに接触する発熱素子と電極部材との間の接触電気抵抗および熱抵抗を共に低減できるような素子・電極接触型電気機器を提供することができる。

【0011】ここで、上述のように、本発明者等の検討によれば、 $2\mu\text{m}$ 以下の粒子においては作られる界面数が非常に多くなるため、特に、請求項2記載の発明のように、平均粒径の大きい粒子部材を、最小粒径が $2\mu\text{m}$ よりも大きい第1の粒子部材(5a)から構成することが好ましく、第1の粒子部材(5a)によって、粒子間の界面をより少なくでき電気抵抗をより低減できる。

【0012】また、請求項3記載の発明においては、接触中間材(5)を、粒子状の第1の粒子部材(5a)に、少なくともこの第1の粒子部材(5a)の隙間に充填され第1の粒子部材(5a)よりも小さい平均粒径を有する粒子状の第2の粒子部材(5b)を含んで構成したものとすることを特徴としており、第1の粒子部材(5a)が主として電気抵抗の低減を行い、第2の粒子部材(5b)が主として熱抵抗の低減を行うため、請求項1記載の発明と同様の作用効果を奏する素子・電極接触型電気機器を提供することができる。

【0013】また、請求項4及び請求項5記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の電気機器を製造する方法に関するものである。即ち、請求項4記載の製造方法においては、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)を揮発性の溶剤で混合してなるペーストを、発熱素子(1)及び電極部材(2)の少なくとも一方に塗布し、発熱素子(1)と電極部材(2)とを接触させた後、ペーストを乾燥させ、揮発性の溶剤を除去することを特徴している。

【0014】本発明によれば、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)を、ペーストにして、該ペーストを塗布、乾燥するという簡単な方法で、発熱素子(1)と電極部材(2)との間に介在させることができるから、請求項1または請求項2に記載の電気機器を製造できると共に、作業性の良い製造方法を提供することができる。

【0015】また、請求項5記載の製造方法においては、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)を、混合し固形部材とした後、該固形部材を発熱素子(1)と電極部材(2)との間に挿入し、続いて、該固形部材を発熱素子(1)及び電極部材(2)を介して

加圧して変形させることにより、発熱素子(1)と電極部材(2)との間に介在させることを特徴としている。

【0016】本発明によれば、平均粒径の異なる2種類以上の粒子部材(5a、5b)を混合して固形部材とするから、取り扱いが簡単で作業性が向上する。また、該固形部材を挿入後、固形部材を発熱素子(1)及び電極部材(2)を介して加圧して変形させるから、固形部材の発熱素子(1)及び電極部材(2)への接触を良好にでき、電気抵抗及び熱抵抗低減のためには好ましい。

10 【0017】また、更に、検討を進めた結果、電気抵抗の大きくなる粒子間の界面を少なくするには、粒子部材でなくともよいことを見出した。請求項6及び請求項7記載の発明は、この知見に基づいてなされたものである。

【0018】即ち、請求項6記載の発明においては、接触中間材(5)を、発熱素子(1)及び電極部材(2)の少なくとも一方に設けられたパンプ(50a)に、少なくともこのパンプ(50a)の隙間に存在するパンプ(50a)よりも小さい平均粒径を有する粒子状の粒子部材(50b)を含んでなることを特徴としている。本発明では、パンプ(50a)が主として電気抵抗の低減を行い、粒子部材(50b)が主として熱抵抗の低減を行うため、請求項1記載の発明と同様の作用効果を奏する素子・電極接触型電気機器を提供することができる。

【0019】また、請求項7記載の発明においては、接触中間材(5)を、発熱素子(1)と電極部材(2)との接触面積を増大すべくその表面を変形させた金属箔(10)に、少なくともこの金属箔(10)によって形成される隙間に存在する粉末金属(11)を含んでなることを特徴としている。本発明では、金属箔(10)が主として電気抵抗の低減を行い、粉末金属(11)が主として熱抵抗の低減を行うため、請求項1記載の発明と同様の作用効果を奏する素子・電極接触型電気機器を提供することができる。

【0020】また、請求項9記載の発明は、素子・電極接触型電気機器としての圧接型半導体装置についてなされたものである。即ち、請求項9記載の圧接型半導体装置においては、半導体素子(1)の主電極面側に、順次、電極板(2)、絶縁板(3)、放熱板(4)を圧接させ、半導体素子(1)と電極板(2)の間に、熱伝導性及び導電性を有する粒子部材であって、最小粒径が $2\mu\text{m}$ よりも大きい第1の粒子部材(5a)と、最大粒径が $2\mu\text{m}$ 以下である第2の粒子部材(5b)とからなる接触中間材(5)を介在させ、更に、電極板(2)と絶縁板(3)との間、及び絶縁板(3)と放熱板(4)との間のうち少なくとも一方の間に、熱伝導性を有する熱伝導部材(6、7)を当該間の隙間に存在していることを特徴としている。

【0021】本発明では、半導体素子(1)と電極板(2)の間に介在する接触中間材(5)によって、請求

項2記載の発明と同様の作用効果が得られ、且つ、熱伝導部材(6、7)によって、電極板(2)と絶縁板(3)との間、および絶縁板(3)と放熱板(4)との間の少なくとも一方の間において熱抵抗の低減が図れる。なお、上記請求項1等に記載の接触中間材(5)は、請求項8及び請求項10記載の物質群より選択された物質からなるものにできる。

【0022】また、請求項17記載の発明は、請求項1、2、3、6、7及び8のいずれか1つに記載の電気機器において、絶縁性の被覆部材(20)を、発熱素子(1)と電極部材(2)とが接触中間材(5)を介して接触する領域の周囲を被覆するように、発熱素子(1)及び電極部材(2)の外周端部に接触して設けたことを特徴としている。

【0023】本発明によれば、接触中間材が被覆部材にて被覆されているから、粒子状もしくは粉末状の接触中間材が飛散(散乱)するのを防止できる。また、被覆部材は、発熱素子及び電極部材の外周端部に接触して設けられるため、発熱素子と電極部材とを接触中間材を介して接触させる際に、位置決め用のガイド部材として機能する。また、被覆部材は絶縁性であるから、発熱素子と電極部材の間における放電、短絡が防止できる。

【0024】ところで、一般に、素子・電極接触型電気機器においては、発熱素子と電極部材との熱歪みによる圧接時の荷重集中や、熱膨張差による接触面(特に発熱素子表面)の摩耗など発熱素子への物理的ダメージを小さくするため、発熱素子と電極部材との間に熱緩衝板を挿入した構成を採用している。しかしながら、介在する熱緩衝板によって、発熱素子と電極部材との間の電気抵抗および熱抵抗が高いものとなってしまう。

【0025】これを解決するためには、電極部材に熱緩衝機能を持たせて構成部品点数を減らすことが考えられ、そのようなものとして、例えば、特開平1-228138号公報に記載されているものがある。これは、半導体素子のアノードとカソードに接する金属板として、半導体素子の主材料であるSi(シリコン)と熱膨張係数の近いMo(モリブデン)板を用い、さらに、このMo板を外部導体と接する電極としても用いることで、構成部品点数を減らすものである。

【0026】しかし、このような構成においては、熱緩衝機能を有する電極部材(熱緩衝兼電極部材)の外側に絶縁板を介して放熱板(ヒートシンク)を設け、この放熱板より熱を放出することが必要であるが、上記の特開平1-228138号公報に記載の構成においては、半導体素子から発生した熱と電流との分離取出し方法が記載されていない。

【0027】一般に、従来において、電極部材と放熱板との間に介在し放熱経路と電流経路を分離する絶縁板としては、特開昭62-287649号公報に記載されているものがある。このものは、半導体素子からの取出し

に用いる電極端子とヒートシンクとの間にバルクのセラミック板を挿入して絶縁分離するとともに、当該セラミックに高熱伝導性材を用い、更にセラミック板とヒートシンクの間に軟金属箔を介在させて放熱効率を向上させると言うものである。

【0028】そこで、上記熱緩衝兼電極部材と放熱板との間に挿入する絶縁板としても、上記バルクのセラミック板を用いることが考えられる。しかし、電極部材とセラミック板との界面熱抵抗及び放熱板とセラミック板との界面抵抗は無視できる程小さくはなく、また、セラミック板の厚さも組付け性やハンドリング等の問題を考慮するとある程度の厚みは必要であるため、十分に熱抵抗を低減できるとは言い難い。従って、従来においては、部品点数を減らすべく電極部材として熱緩衝兼電極部材を用いたとしても、発熱素子と電極部材との間の電気抵抗および熱抵抗を共に十分に低減することは困難であった。

【0029】このような事情に鑑みて、請求項11~請求項14記載の発明は、発熱素子(1)を熱緩衝兼電極部材としての一对の電極部材(8)により挟持し、これら電極部材の外側を一对の放熱部材(4)により挟持してなる電気機器において、発熱素子と電極部材との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減することを目的として成されたものである。

【0030】即ち、請求項11の電気機器においては、各々の電極部材(8)と放熱部材(4)とが対向する部分において、該電極部材及び該放熱部材のどちらか一方の表面に絶縁層(9)を一体に成膜したことを特徴としている。本発明では、まず、熱緩衝兼電極部材を用いることにより、まず、構成部品点数を減らして接触界面数を減らすことにより、構成材のバルク抵抗、構成材間の接触界面抵抗を低減できる。

【0031】また、電極部材または放熱部材において、これら両部材が互いに対向する面に絶縁層を一体に成膜しているから、電極部材または放熱部材と絶縁層との接触界面は緻密になり、従来のように、電極材と絶縁材と放熱板とのバルク同士を圧接する場合よりも接触界面に生ずる空間が飛躍的に小さくなる。そして、熱抵抗は空間での輻射よりも伝導の方が相対的に極めて小さいため、本発明のように、絶縁材を成膜して電極部材または放熱部材と一体化することで熱伝達は伝導が支配的となり、熱抵抗が低減する。

【0032】よって、本発明によれば、上記部品点数の低減による効果に加えて、電極部材から放熱部材への放熱効率が向上するため、結果的に、発熱素子と電極部材との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減することができる。また、通常、放熱部材は、冷却性を高めるために電極部材に比べて厚いものや大きいものが用いられる。そのため、絶縁層の成膜における成膜装置への設置しやすさ等の取り扱い性を考えると、絶縁層(9)は電極部



材(8)の側に成膜することが好ましい。

【0033】ここで、絶縁層(9)の厚さは、 $10\mu\text{m}$ よりも厚いと熱抵抗が十分低減されない可能性があり、また、 $1\mu\text{m}$ よりも薄いと電流リークが発生する可能性があるため、熱抵抗と電気抵抗の両立を考えると、経験的に $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ であることが好ましい。また、絶縁層(9)を構成する材料としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{SiC}$ 、およびダイヤモンドライクカーボン(DLC)の中から選択されたものを採用することができる。

【0034】また、請求項11～請求項14記載の電気機器において、発熱素子(1)と一対の電極部材(8)との間に、請求項1～請求項3及び請求項6～請求項8のいずれか1つに記載の接触中間材(5)を介在させても良く、それによって、更に請求項1の発明と同様の効果が加わった電気機器を実現できる。

【0035】また、請求項16の発明では、請求項11～請求項15記載の電気機器において、各々の電極部材(8)と放熱部材(4)とが対向する部分に、熱伝導性を有する熱伝導部材を介在させたことを特徴としており、熱抵抗をより効率的に低減できる。

【0036】なお、上記した括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

#### 【0037】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)本実施形態は、本発明を素子・電極接触型電気機器としての圧接型半導体装置に適用したものである。図1に、本実施形態に係る圧接型半導体装置100の主要部分の模式的断面構成を示す。

【0038】1は半導体素子であり、例えば、IGBTやサイリスタ等のパワー半導体素子からなる。この半導体素子1の表裏面(図示例では上側が表面、下側が裏面)は、例えばAl(アルミニウム)やAu(金)等からなる電極(図示せず)が形成された主電極面として構成されている。半導体素子1は、その両主電極面の外側に設けられた例えばMo(モリブデン)やCu(銅)等からなる一対の電極板2によって挟まれている。

【0039】更に、一対の電極板2は、その外側面に設けられた窒化アルミニウム(AlN)等の絶縁性材料からなる一対の絶縁板3によって挟まれ、一対の絶縁板3は、その外側面に設けられた熱伝導性材料(銅、アルミ等)からなる一対の放熱板4によって挟まれている。そして、各接触部分、即ち、半導体素子1の主電極面と電極板2との間、電極板2と絶縁板3との間、絶縁板3と放熱板4との間には、各間の熱抵抗、及び半導体素子1と電極板2との間には、各間に加えて電気抵抗を確保するための接触中間材5、6、7が介在している。

【0040】これら多層構造となった各部材1～7は、一対の放熱板4の両外側から、図1の白抜き矢印に示す

様に、図示していない加圧装置により所定の接触圧力を印加され、互いに圧接している。そして、電気信号の流れは、例えば、図中、上側の電極板2から半導体素子1を通り、下側の電極板2から取り出される、というように、所謂縦型のパワー素子として機能するようになっていく。

【0041】次に、本発明の要部である半導体素子1の主電極面と電極板2との間に介在する接触中間材5について述べる。まず、これらの間に接触中間材を介在させる根拠となった事前検討例を示す。

【0042】半導体素子1の表面電極をAl(表面粗さ $R_a: 0.2\mu\text{m}$ )、電極板2をMo(表面粗さ $R_a: 0.05\mu\text{m}$ )とした組合せにおいて、半導体素子1の主電極面と電極板2との間に介在物が無い場合(後述の図3(c)参照)と、粉末金属としてのAu(金)粉末(粒径 $50\sim 100\mu\text{m}$ 以下)を $20\text{mg}/\text{cm}^2$ の量で介在させ、図示しない加圧装置で半導体素子1に見掛けの圧力 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ の接触圧力を印加した場合との、2つの場合における電気抵抗(接触電気抵抗)および熱抵抗(接触熱抵抗)の相対比較値を図2の表に示す。

【0043】電気抵抗、熱抵抗共に、Au粉末を介在させることで低減することが解る。これは、Au粉末が無い場合、半導体素子1の表面電極と電極板2の各電極面の凹凸やうねりにより隙間が出来、互いの接触面積が小さくなり、電気抵抗及び熱抵抗が大きくなってしまいが、Au粉末がある場合、該粉末が上記凹凸やうねりによる隙間を埋めるため、電気抵抗及び熱抵抗を低減できるのである。

【0044】本実施形態における接触中間材5の特徴的な構成を図3の模式図に示す。即ち、半導体素子1の主電極面と電極板2の間には、接触中間材5として、平均粒径の異なる2種類以上の粒子5a、5b、即ち、粒子状の粒子部材としての大粒子(第1の粒子部材)5aと、この大粒子5aよりも小さい平均粒径を有し大粒子5aの隙間に充填された充填部材としての小粒子(第2の粒子部材)5bとが介在されている。各粒子5a、5bは熱伝導性及び導電性を有する粒子からなる。

【0045】なお、図3においては、(b)は(a)に比べて大粒子5aの径が大きいものを用いた例であり、(c)は接触中間材5が無い場合を示している。また、図3に示す例では、(a)中の大粒子5a同士、(b)中の大粒子5a同士において、各大粒子5aの各径は多少異なっているが、本発明では、この程度の相違があっても実質的に同一の径(つまり略所定径)とみなす。

【0046】このように、接触中間材5として、粒径の異なる粒子5a、5bを混合して介在させ圧接する。それによって、半導体素子1と電極板2との間において、大粒子5aによって電気抵抗の大きい粒子間の界面が少なくなり、界面抵抗が小さい電気伝導用の通路ができ、

電気抵抗が低減され、一方、小粒子 5b によって大粒子 5a の隙間が埋められ、見掛けの接触面積を増すことで、熱抵抗が低減される。

【0047】また、図 3 (a) 及び (b) に示す様に、大粒子 5a 同士の接触面積は、その形状によって点接触到に近い部分もあるが、電気抵抗は、上述のように、接触部分（粒子同士の接触界面）の多少に依存し、その接触部分の面積にはそれほど左右されないため問題はない。つまり、大粒子 5a の隙間に小粒子 5b を完全に充填しなくても、少なくとも大粒子 5a よりも小径の小粒子 5b が存在する状態であればよい。

【0048】また、小粒子 5b の平均粒径は、後述の数値例に限定されるものではなく、大粒子 5a の平均粒径よりも小さく大粒子 5a の隙間を埋めるように配置できれば、どのような大きさであっても問題ない。また、大粒子 5a の平均粒径よりも小さい複数種類の平均粒径を有する小粒子（図示せず）を、小粒子 5b とは別に大粒子 5a の隙間に一緒に複数設けてもよい。

【0049】特に、本発明者等の検討によれば、 $2\mu\text{m}$  以下の粒子においては作られる界面数が非常に多くなるため、大粒子 5a を、その最小粒径が  $2\mu\text{m}$  よりも大きいものとし、小粒子 5b を、その最大粒径が  $2\mu\text{m}$  以下であるものとするれば、大粒子 5a によって、粒子間の界面をより少なくでき電気抵抗をより低減できる。また、小粒子 5b は、電極の表面粗さ  $R_a$  よりも小さい平均粒径であれば、接触表面の面粗さを埋めて見掛けの接触面積をより増加できるため好ましい。

【0050】ここで、熱伝導性及び導電性を有する両粒子 5a、5b の材質としては、例えば、Au、Ag、Sn、Al、Cu、Pt、Ni、Ti、C、Pb、Cr、Mo、W、半田合金及びこれらの混合物（これらを物質群 A とする）のうちから選択された物質を用いることができる（単一もしくは複数採用可）。

【0051】大粒子 5a 及び小粒子 5b よりなる接触中間材 5 の電気抵抗及び熱抵抗に与える効果の一例を図 4 に示す。図 4 は、半導体素子 1 の表面電極を Al（表面粗さ  $R_a$  :  $0.2\mu\text{m}$ ）、電極板 2 を Mo（表面粗さ :  $R_a$   $0.05\mu\text{m}$ ）とし、接触中間材 5 として粒径  $2\mu\text{m}$  以下の Ag 粉末（小粒子 5b）と粒径  $50\sim 100\mu\text{m}$  の Ag 粉末（大粒子 5a）とを混合して  $30\text{mg}/\text{cm}^2$  の量で介在させ、図示しない加圧装置で半導体素子 1 に見掛けの圧力  $50\text{kgf}/\text{cm}^2$  の接触圧力を印加したときの、両粒子 5a、5b の体積比率による電気抵抗及び熱抵抗の変化を示す。

【0052】図 4 においては、これらの変化について、接触電気抵抗は大粒子 5a が 0 体積% のとき、接触熱抵抗は大粒子 5a が 100 体積% のときを、各々 1 と規格化して示してある。図 4 から解るように、粒径の異なる粉末金属の混合体積比率を変えることで、各抵抗を共に低減することができる。

【0053】このように、本実施形態によれば、互いに接触する発熱素子としての半導体素子 1 と電極部としての電極板 2 との間に、大粒子 5a 及び小粒子 5b よりなる接触中間材 5 を介在させており、半導体素子 1 と電極板 2 との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減できるような素子・電極接触型電気機器としての圧接型半導体装置を提供することができる。

【0054】ところで、本実施形態では、電極板 2 における主電極面との圧接面とは反対側の面に、絶縁板 3 を介して放熱板 4 が圧接されており、これら電極板 2 と絶縁板 3 との間、及び絶縁板 3 と放熱板 4 との間にも、接触中間材 6、7 が介在されている。これらの間では、接触熱抵抗のみが問題となるが、これら接触中間材 6、7 は、当該間の隙間を埋めるように充填された例えば金属粉末（Ag や Au 等）等の熱伝導性を有する熱伝導部材であり、これらの間において熱抵抗の低減が図れる。

【0055】図 5 に、電極板 2 と絶縁板 3 の間に充填された接触中間材 6 の具体的効果の一例を示す。電極板 2 を Mo（表面粗さ  $R_a$  :  $0.05\mu\text{m}$ ）、絶縁板 3 を AlN（表面粗さ  $R_a$  :  $0.2\mu\text{m}$ ）とした組合せにおいて、接触中間材 6 として Au 粉末（粒径 :  $2\mu\text{m}$  以下）を  $20\text{mg}/\text{cm}^2$  の量で介在させ、見掛けの接触圧力  $50\text{kgf}/\text{cm}^2$  の接触圧力を印加したところ、接触中間材 6 として粉末金属（Au 粉末）が有る場合は、無い場合に比べて著しく接触熱抵抗を低減することができた。

【0056】かかる構成を有する半導体装置 100 は、上述のように、各部材 1～4 の間に両粒子 5a、5b からなる接触中間材 5 及び接触中間材 6、7 を介在させた後、一対の放熱板 4 の両外側から図示しない加圧装置により所定の接触圧力を印加することで圧接されて製造される。ここで、製造方法のうち本発明の要部である接触中間材 5 の介在方法について更に述べる。

【0057】まず、両粒子 5a、5b を所定の体積比率で秤量した後、有機溶剤等の揮発性の溶剤を加え、混合して、ペーストを作成し、このペーストを、半導体素子 1 の主電極面及び電極板 2 の少なくとも一方に塗布する。そして、上記のように各部材 1～7 を積層し、加圧する。続いて、ペーストを加熱乾燥（例えば  $200^\circ\text{C}$  程度）もしくは自然乾燥乾燥させ、揮発性の溶剤を除去する。こうして、両粒子 5a、5b のみが接触中間材 5 として残る。

【0058】本介在方法によれば、両粒子 5a、5b をペーストにして、該ペーストを塗布、乾燥するという簡単な方法で、半導体素子 1 の主電極面及び電極板 2 の間に介在させることができるから、作業性の良い製造方法を提供することができる。

【0059】また、接触中間材 5 の他の介在方法として、両粒子 5a、5b を粉末状態で混合して、上記接触圧力よりも低い圧力で加圧して固形部材とし、該固形部



材を半導体素子1の主電極面及び電極板2の間に挿入した後、該固形部材を上記接触圧力で再加圧することで、接触中間材5の介在を行ってもよい。

【0060】この他の介在方法の具体例を示す。半導体素子1の表面電極をA1（表面粗さRa：0.2μm）、電極板2をMo（表面粗さ：Ra0.05μm）とした組み合わせにおいて、接触中間材5として粒径2μm以下のAg粉末（小粒子5b）と粒径50～100μmのAg粉末（大粒子5a）とを混合して30mg/cm<sup>2</sup>の量とする。

【0061】次に、この混合粉末を別途用意した図示しない平滑な一対の板の間に挟んで、図示しない加圧装置で5kgf/cm<sup>2</sup>の圧力で予め加圧することにより固化し、固形部材とする。この固形部材を半導体素子1の表面電極と電極板2との間に介在させ、上記加圧装置で半導体素子1に見掛けの圧力50kgf/cm<sup>2</sup>の接触圧力を印加し、接触中間材5として介在させる。

【0062】本介在方法によれば、両粒子5a、5bを混合して固形部材とするから、取り扱いが簡単で作業性が向上する。また、該固形部材を作る際の圧力を上記接触圧力よりも低い圧力とし、該固形部材を挿入後、高い上記接触圧力で再加圧するから、固形部材が変形して広がり接触面積を増加でき、電気抵抗及び熱抵抗の低減のためには好ましい。

【0063】なお、接触中間材5の介在方法としては上記2つに限定されるものではなく、例えば、多少作業性は劣るが、粉末状に混合した両粒子5a、5bをそのまま、介在部分に塗布してもよい。また、AgやAu等の粉末金属からなる接触中間材6、7についても、接触中間材5の介在方法を適用して、同様に介在させることができる。

【0064】ここで、図6は、本実施形態の変形例を説明する模式図である。上記図3に示した例では、粒径の異なる粒子5a、5bを予め混合した接触中間材5としたが、本例では、粒径の異なる粒子5a、5bを予め混合しないものとしている。つまり、図6に示す様に、半導体素子1と電極板2との間のいずれか一方の面上に大粒子5aと小粒子5bを、各々1ヶ所以上配置し、加圧接触させることで、上述した本実施形態の作用効果を奏する。なお、本変形例では離間配置された大粒子5aの間の隙間が大粒子5aの隙間に相当する。

【0065】（第2実施形態）図7に本発明の第2実施形態を示す。本実施形態は、半導体素子（発熱素子）1と電極板（電極部材）2との間に介在させる接触中間材5において、上記大粒子5aの代わりに、半導体素子1及び電極板2の少なくとも一方に設けられた所定径のパンプ50aを用いたものである。パンプ50aは、半田合金等を用いて一般的な製法（例えば、はんだボールからリフロー工程を経て形成する）により形成でき、熱伝導性及び導電性を有する。

【0066】そして、半導体素子1と電極板2とはパンプ50aを介して加圧接触され、パンプ50aの隙間には、パンプ50aの所定径よりも小さい平均粒径を有する熱伝導性及び導電性の粒子（粒子部材、充填部材）50bが設けられている。このように本第2実施形態における接触中間材5は、パンプ50aに粒子50bを含んで構成されている。パンプ50a及び粒子50bは、上記第1実施形態に記載の物質群Aのうちから選択された物質を用いることができる。

【0067】なお、本第2実施形態においても、上記第1実施形態と同様、パンプ50aの所定径よりも小さい複数種類の平均粒径を有する粒子部材（図示せず）を、粒子50bとは別にパンプ50aの隙間に一緒に複数設けてもよい。また、パンプ50aの隙間に粒子50bを完全に充填しなくても、少なくともパンプ50aよりも小径の小粒子50bが存在する状態であればよい。

【0068】それにより、半導体素子1と電極板2との間において、パンプ50aによって電気伝導用の通路ができ電気抵抗が低減され、一方、粒子50bによってパンプ50aの隙間が適宜埋められ、見掛けの接触面積を増すことで熱抵抗が低減される。従って、本実施形態においても、半導体素子1と電極板2との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減できるような素子・電極接触型電気機器としての圧接型半導体装置を提供することができる。

【0069】（第3実施形態）図8に本発明の第3実施形態を示す。本実施形態は、半導体素子（発熱素子）1と電極板（電極部材）2との間に、両者1、2の接触面積を増大すべくその表面を変形させた金属箔10を介在させ、この金属箔10によって形成される隙間に、粉末金属11を充填し、これら金属箔10及び粉末金属11により接触中間材5を構成したものである。なお、金属箔10及び粉末金属11は、上記第1実施形態に記載の物質群Aのうちから選択された物質を用いることができる。

【0070】半導体素子1と電極板2の間に介在する金属箔10は、その表面をウェットエッチングやドライエッチングを用いたり、あるいは研磨紙等の研磨材を用いて意図的に表面を粗らしたり、さらには折り目やうねりをつけることにより、表面全体に凹凸を設けたものとなっている。それにより、該表面の凹凸が、半導体素子1の電極表面や電極板2の表面の微小な凹凸と嵌合し、十分な接触面積を得ることができる。

【0071】なお、本第3実施形態においても、上記第1及び第2実施形態と同様、表面凹凸を有する金属箔10によって形成される隙間に粉末金属11を完全に充填しなくても、少なくとも前記隙間に存在する状態であればよい。また、前記隙間に設ける粉末金属11とは（平均）粒径の異なる複数種類の（平均）粒径を有する粒子部材（図示せず）を、粉末金属11と一緒に又は別に設

けてもよい。そして、本実施形態によれば、金属箔10が上記第1の介在部材と同様の作用効果を奏し、金属粉末11が、上記第2の介在部材と同様の作用効果を奏するため、本発明の目的に叶う素子・電極接触型電気機器を提供することができる。

【0072】なお、上記各実施形態において、半導体素子1と電極板2との間に接触中間材5を介在させることで、接触電気抵抗、熱抵抗を低減することができる他、その波及効果として接触中間材5により接触圧力を半導体素子1の全面に分散させることが可能となり、素子の接触耐圧力を増加することができる。例えば、上記図2に示す例（接触中間材5有の例）においては、素子破壊が発生するまでの見掛けの接触圧力を、接触中間材5が無い場合の2倍に増すことが可能であった。

【0073】（第4実施形態）図9に本発明の第4実施形態にかかる圧接型半導体装置200の主要部分の模式的断面構成を示す。本実施形態は、上述した熱緩衝兼電極部材を用いたものである。なお、以下、上記図1に示す半導体装置と同一の部分には、図9中、同一符号を付して説明を簡略化し、主として異なるところについて述べることとする。

【0074】半導体装置200は、半導体素子（発熱素子）1と、この半導体素子1を半導体素子1の両主電極面（表裏面）にて挟んで保持する一対の熱緩衝兼電極板（以下、単に電極板という）8と、これら電極板8の外側に配置され電極板8を挟んで保持する一対の放熱板（放熱部材）4とを備えている。これら多層構造となった各部材1、4、8は、一対の放熱板4の両外側から、図9の白抜き矢印に示す様に、所定の接触圧力（例えば100kg/cm<sup>2</sup>）を印加され、互いに圧接している。

【0075】ここで、一対の電極板8はモリブデンやタングステン等より構成され、半導体素子1の熱を緩衝する熱緩衝機能及び半導体素子1からの電気信号を取り出す電極機能を有する電極部材として構成されている。なお、8aは電極板8において外部端子（図示せず）と接続される部分である電極取出し部である。電極取出し部8aと外部端子との接続方法はネジと圧着端子によるものでもハンダ付けやワイヤボンディングによるものでもよく、特に限定しない。

【0076】さらに、各々の電極板8は、放熱部材4に対向する側の面に絶縁材料よりなる絶縁層9が一体に成膜されている。絶縁層9の構成材料として例えば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、SiN、AlN、SiC、ダイヤモンド、ドライカーボン（DLC）等の絶縁材料中から選択されたものを用いることができ、これらの絶縁材料を真空蒸着、スパッタ、CVD法、溶射、印刷等の手法を用いて、電極板8の構成材となるモリブデン（Mo）やタングステン（W）等の表面に成膜する。

【0077】あるいは、MoやW等の表面のうち絶縁層

を形成したい部分以外を有機系や無機系の材料で保護（マスク）し、熱酸化等で酸化モリブデン膜や酸化タングステン膜等を形成し、電極板8と絶縁層9とを一体構成にする。これらの手法により、絶縁層9が一体に成膜された電極板8を形成することができる。この電極板8に一体化された絶縁層9の厚さは、絶縁性及び低熱抵抗の両立という面から、経験的に1μm以上10μm以下程度が好ましい。

【0078】かかる構成を有する半導体装置200において、その電流経路は、例えば図9中、外部からの電流が上側の電極板8の電極取出し部8aから半導体素子1を通り、下側の電極板8の電極取出し部8aから外部へ取り出されるようになっている。それにより、半導体素子1の電気信号が電極板8を介して外部に取り出される。また、放熱経路は、半導体素子1にて発生した熱が上下の電極板8から各絶縁層9を通り、各放熱板4から外部に放出されるようになっている。

【0079】ところで、本実施形態によれば、電極板8の表面に絶縁材料を成膜して絶縁層9として配置することで、電極板8と絶縁層9との接触界面は緻密になり、従来のように電極部材と絶縁材のバルク同士を直接圧接する場合よりも、接触界面に生ずる空間を飛躍的に小さくでき、電極板8と絶縁層9との接触界面の熱抵抗を極めて小さくすることができる。そのため、結果的に、半導体素子1と電極板8との間の電気抵抗および熱抵抗を共に低減することができる。

【0080】さらには、上記の真空蒸着等あるいは熱酸化等の方法で絶縁層9を成膜することにより、電極板8の形状によらず絶縁層9を形成することが可能となり、電極板8の形状の自由度が増す。極端に言えば、例えば電極板8は平板平面状でなくとも良いこととなる。そのため、結果的に半導体装置200の形状の自由度を増すことが可能になる。

【0081】また、本実施形態によれば、熱緩衝兼電極板8を用いることによる効果も有する。図10に、電極部材として熱緩衝兼電極板を用いない従来の圧接型半導体装置J1を示す。図10に示す半導体装置J1は、半導体素子1の上下をMoやWよりなる一対の熱緩衝板J2で挟み、これら熱緩衝板J2の上下を銅等よりなる一対の電極板J3で挟み、これら電極板J3の上下を窒化アルミニウム等よりなる絶縁板J4を介して一対の放熱板4で挟んでなる圧接型半導体装置である。

【0082】このような従来の圧接型半導体装置J1に比べて、本半導体装置200では、熱緩衝兼電極板8を用いることにより構成部品点数を減らして接触界面数を減らすことができるため、構成材のバルク抵抗、構成材間の接触界面抵抗を低減できる。具体的には、本半導体装置200によれば、図10に示す従来装置J1に対し、接触界面数が電流経路においては2個から1個に、放熱経路においては4個から2個へと減らすことができ

る。一般に、圧接型半導体装置においては、構成部品のバルク抵抗に比べて、構成部品間の接触界面抵抗の絶対値の方が大きいので、接触界面数の低減による電気抵抗・熱抵抗の低減効果は非常に大きい。

【0083】本第4実施形態の半導体装置200による具体的な効果を、上記図10に示す従来装置J1との比較として図11に示す。ここで、従来装置J1（比較例）における絶縁板J4として、板厚0.625mmの窒化アルミニウムよりなるバルク板を採用し、本実施形態の半導体装置200における絶縁層9として、スパッタにより形成された膜厚2 $\mu$ mの窒化アルミニウムを採用した。また、両装置200、J1における接触圧力は100kg/cm<sup>2</sup>とした。

【0084】図11から、本第4実施形態では、熱緩衝兼電極板8に成膜されて一体化した絶縁層9による効果及び構成部品点数の低減による効果が如実に現れ、半導体素子1と電極板8との間の電気抵抗および熱抵抗が共に低減されている。このように、本実施形態によれば電気抵抗・熱抵抗が低減できることによって、圧接型半導体装置の大容量化が可能となるため、その結果、1モジュール当りに使用する半導体素子1の数を減らすことができ、装置全体のコスト低減に波及する。

【0085】なお、本第4実施形態において、上記例では、絶縁層9を熱緩衝板兼電極板8と一体に形成したが、変形例として、絶縁層9を冷却装置としての放熱板（ヒートシンク）4における電極板8との接触面側に、上記した真空蒸着等により成膜して形成しても良く、その場合にも同様の効果を得ることができる。ただし、通常、銅、アルミ等の熱伝導性材料よりなる放熱部材は、冷却性を高めるために電極板に比べて厚いものや大きいものが用いられるため、当該絶縁層の成膜の際に、真空蒸着装置やスパッタ装置等の成膜装置への設置の容易性やハンドリング性等を考えると、絶縁層9を電極板8に成膜する方が製造上、有利である。

【0086】また、本第4実施形態は、圧接型半導体装置だけでなく、圧接されないまでも上記図9に示す構成を有する圧接型以外の半導体装置にも適用することができる。さらに、本第4実施形態は、発熱素子を、この発熱素子の熱を緩衝する熱緩衝機能及び該発熱素子からの電気信号を取り出す電極機能を有する一対の電極部材により挟持し、これら電極部材の外側を一対の放熱部材により挟持してなる電気機器であれば、適用可能である。

【0087】（第5実施形態）図12に本発明の第5実施形態にかかる圧接型半導体装置300の主要部分の模式的断面構成を示す。本実施形態の圧接型半導体装置300は、図1に示す圧接型半導体装置100に対して、絶縁性の被覆部材20を付加したものである。なお、上記図1に示す半導体装置と同一の部分には、図12中、同一符号を付してある。

【0088】被覆部材20は、本例では、半導体素子1

及び電極板2の外周形状に対応した枠形状をなすもので、枠の内周面が半導体素子1及び電極板2の外周端面に接触して設けられている。それにより、半導体素子1と電極板2とが接触中間材5を介して接触する領域の周囲、及び、電極板2と絶縁板3とが接触中間材6を介して接触する領域の周囲が、被覆部材20にて被覆されている。ここで、被覆部材20と半導体素子1及び電極板2の外周端面とは、例えば、エポキシ系接着剤等により接着固定されている。

【0089】この被覆部材20としては、PPS（ポリフェニレンサルファイド）、ガラスエポキシ、快削セラミック、PBT（ポリブチレンテレフタレート）、各種セラミック材等の電気的絶縁材料により形成されている。そのため、半導体素子1と電極板2との間における放電、短絡が防止できる。なお、これら絶縁材料のうち、被覆部材20が半導体素子1の発熱によって約150℃以上の高温に晒される場合は、耐久性を考慮すると、PPS、ガラスエポキシ、快削セラミックが好ましく、PBTは約120℃までの温度に対して好適である。

【0090】以上、本実施形態によれば、半導体装置300は上記図1に示した半導体装置100と同様の効果を有することに加えて、被覆部材20を設けることにより、接触中間材5、6が被覆部材20にて被覆されるから、粒子状もしくは粉末状の接触中間材5、6が飛散（散乱）するのを防止できるという効果を有する。

【0091】また、枠形状の被覆部材20は、半導体素子1及び電極板2の外周端面に接触して配置されている。そのため、被覆部材20は、半導体素子1と電極板2とを接触中間材5を介して接触させる際に、位置決め用のガイド部材として機能するとともに、半導体素子1と電極板2とを保持して、両部材1、2の接触面方向へのずれを防止する保持部材としても機能する。

【0092】ここで、本例では、被覆部材20は、半導体素子1及び電極板2の外周形状に対応した枠形状をなすものとし、半導体素子1及び電極板2の外周端面の全周を囲むものとしたが、当該外周端面を部分的に囲むようなものであっても良い。例えば、中間接触材5の飛散しやすい部分のみを、壁状の被覆部材を用いて被覆するようにしても良い。

【0093】（他の実施形態）なお、上記第1実施形態において、接触中間材5は、3種類以上の異なる平均粒径を有する粒子から構成されていてもよいし、異種粒子の材質が互いに異なってもよい。また、接触中間材6、7はAu、Ag以外にも、上記両粒子5a、5bと同様の金属粉末とでき、更には、上記第3実施形態と同様の金属箔、または熱伝導性のカーボンシート等の箔状のものを用いてもよい。

【0094】また、半導体素子1と電極板2との間の電気抵抗、熱抵抗の低減を図るには、上記半導体装置10

0において、少なくとも半導体素子1と電極板2との間の接触中間材5があれば良く、他の接触中間材6、7は無いものとしてもよい。また、熱伝導性を有する熱伝導部材としての接触中間材6、7は、電極板2と絶縁板3との間、及び絶縁板3と放熱板4との間のうち少なくとも一方の間にあればよい。

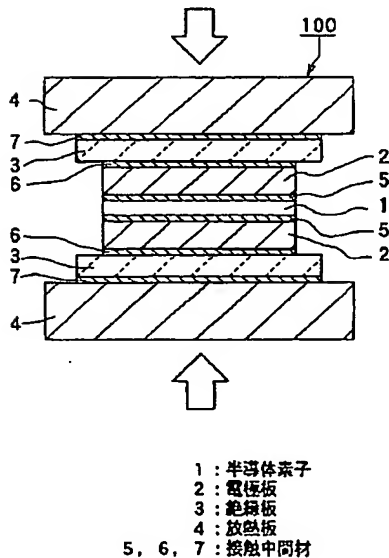
【0095】また、上記第4実施形態において半導体素子1と電極板8との間に、上記第1～第3実施形態に記載した接触中間材5のいずれか1つを介在させても良く、これら接触中間材5と第4実施形態と組み合わせた効果が得られる。また、上記第4実施形態において、電極板8と放熱部材4との間に上記第1実施形態に述べた金属粉末(AgやAu等)等の熱伝導性を有する熱伝導部材としての接触中間材6を介在させても良く、更なる熱抵抗の低減が図れる。

【0096】また、半導体装置としては、半導体素子1の片面のみ電極板2と圧接し、他面は半田付け等により電極板2と接続した形態であっても良く、その場合には圧接された半導体素子1と電極板2との間に、接触中間材5を介在させれば良い。また、上記圧接型半導体装置のみならず、発熱素子と電極部材とを接触させて、該発熱素子からの電気信号を該電極部材を介して取り出すようにした電気機器において、接触する発熱素子と電極部材との間に、上記各実施形態における接触中間材5を介在させるようにしてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る圧接型半導体装置の主要部分の断面構成図である。

【図1】



【図2】

		電気抵抗	熱抵抗
粉末金属	無	1	1
	有	0.196	0.663

【図5】

		熱抵抗
粉末金属	無	1
	有	0.187

【図2】半導体素子と電極板との間に金属粉末を介在させた効果の一例を示す図表である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る接触中間材の特徵的構成を示す模式図である。

【図4】上記第1実施形態に係る接触中間材の効果の一例を示す図である。

【図5】電極板と絶縁板との間に充填された接触中間材の効果の一例を示す図表である。

【図6】上記第1実施形態に係る接触中間材の変形例を説明する模式図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係る接触中間材の特徵的構成を示す模式図である。

【図8】本発明の第3実施形態に係る接触中間材の特徵的構成を示す模式図である。

【図9】本発明の第4実施形態に係る圧接型半導体装置の主要部断面構成図である。

【図10】従来の一般的な圧接型半導体装置の主要部断面構成図である。

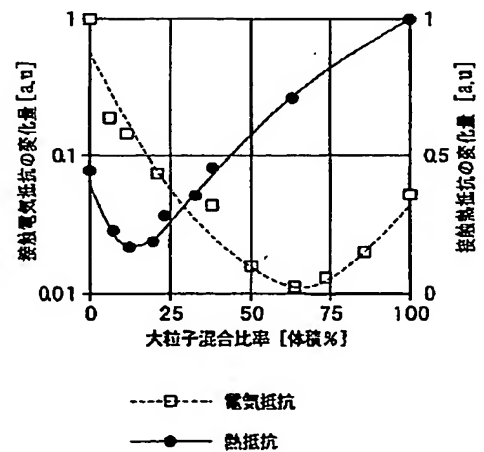
【図11】上記第4実施形態の具体的な効果を示す図表である。

【図12】本発明の第5実施形態に係る圧接型半導体装置の主要部断面構成図である。

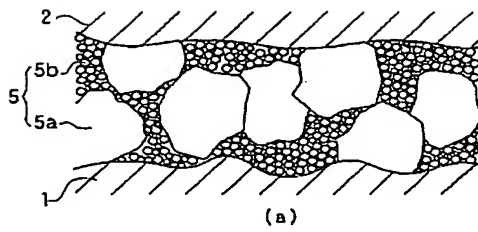
#### 【符号の説明】

1…半導体素子、2…電極板、3…絶縁板、4…放熱板、5a…大粒子、5b…小粒子、5、6、7…接触中間材、8…熱緩衝兼電極板、9…絶縁層、10…金属箔、11…金属粉末、20…被覆部材、50a…パンブ、50b…粒子。

【図4】

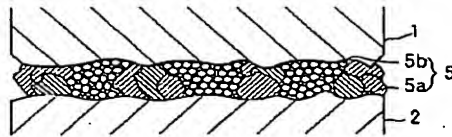


【図3】

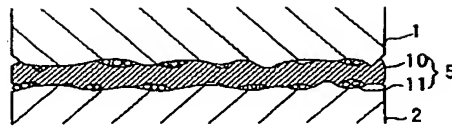


(a)

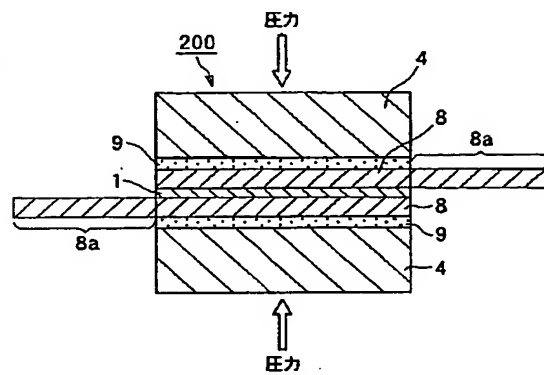
【図6】



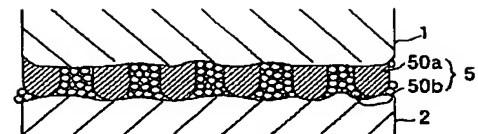
【図8】



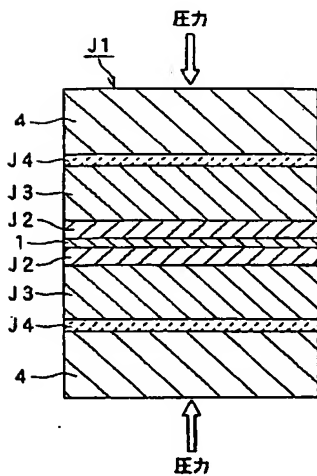
【図9】



【図7】



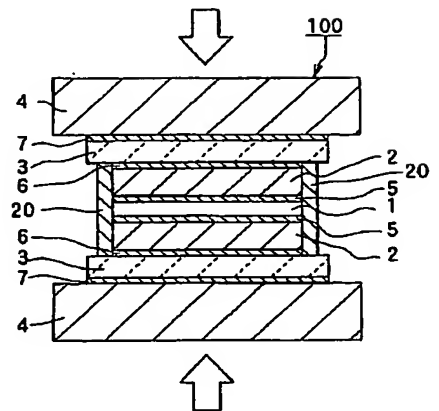
【図10】



【図11】

	電気抵抗	熱抵抗
比較例	1	1
第4実施形態	0.140	0.213

【図12】



1: 半導体素子  
2: 電極板  
3: 絶縁板  
4: 放熱板  
5, 6, 7: 接触中間材

## フロントページの続き

(72)発明者 塩澤 方浩  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 橋川 淳  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 頼永 宗男  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 平井 康義  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 野村 和仁  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 牧野 友厚  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BB01 BC08 BD01 BE06  
5F047 JA06 JA07 JA10